

Studying the effective factors of spatial distribution of *Tortrix viridana* L. in Mariwan oak forests

Sonia Seifi¹, Hossein Madadi^{2*}, Hamed Ghobari³ and Mahtab Pir Bavaghar⁴

1- Ph.D. student of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

2* - Corresponding author, Associate Prof., Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
E-mail: hmadadi@basu.ac.ir

3- Associate Prof., Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran

4- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran

Received: 30.07.2023

Accepted: 22.11.2023

Abstract

Background and objectives: Oak is a common and the most important species in Zagros forests of Iran. Zagros forests play a crucial and effective role in water supply, soil conservation and climate modification. Unfortunately, a significant part of those forests suffer from oak decline. Zagros forest covers almost 40% of Iran's woodland which especially during the last two decades the population of oak trees (*Quercus* spp.) decreased mainly due to drought, diseases and insect pests. One of the most important pests in western oak forests is green oak leaf roller, *Tortrix viridana* L., (Lep.: Tortricidae) feed on oak leaves as the main host.

Methodology: This research aimed to assess and predict the degree of damage to the oak forests using remote sensing and GIS methods through regression analysis of the oak foliage remaining ratios of field plots with a vegetation indices of Sentinel-2 data during a year. Field monitoring carried on from April- 27-2020 to May-14-2020. For this purpose, in a two-kilometer-wide vector along the route from Sarovabad city to Bashmaq border, 100 sampling locations were randomly determined using GIS software. In each sampling location, four trees were selected in the four main geographical directions (in order to reduce the effect of directions on distribution of *T. viridana* population). Then, four branches (length about 100 cm) were randomly cut as a sampling unit, and the number of fifth instar larvae of *T. viridana*, were counted. The correlation between the number of *T. viridana* and elevation, slope, distance from the road, distance from the river, distance from residential areas, NDVI and solar radiation index were analyzed using Pearson's correlation test and multiple linear regression. Data normality was checked using the Kolmogorov-Smirnov statistical test. Data were analyzed using SPSS software (Version 26).

Results: The results of Pearson's correlation analysis between the those variables and *T. viridana* population show the highest and lowest correlation of the *T. viridana* population with elevation ($r= 0.651$) and slope ($r= -0.015$), respectively. According to multiple linear regression, elevation had the highest correlation coefficient with *T. viridana* population density. In addition, solar radiation index, NDVI and distance from the river were ranked with strong to weak correlation, respectively. Results showed that, the relationship between slope and vegetation density is also significant ($P= 0.032$; $r= 0.214$). According to the distribution intensity map of the *T. viridana*, which was obtained using the multiple linear regression equation, it has been shown that the most distribution of the *T. viridana* was observed in the southwest of Sarovabad city. Clearly NDVI was convenient for separating different levels of damage.

Conclusion: It can be concluded that the population of *T. viridana* is obviously high at high altitude and in high tree densities. The results showed that the population density of *T. viridana*

is higher wherever a dense vegetation was occurred. This research provided a feasible and quantitative method in the spatiotemporal prediction of green leaf roller occurrence by remote sensing and GIS. In conclusion, with the availability of population models, it is possible to limit the spread of *T. viridana* through earlier detection of pest incidence.

Keywords: GIS, green leaf roller, linear regression, modeling, remote sensing.

مطالعه پارامترهای مؤثر بر پراکنش *Tortrix viridana* L. در جنگل‌های بلوط مریوان

سونیا سیفی^۱، حسین مددی^{۲*}، حامد غباری^۳ و مهتاب پیرباوقار^۴

۱- دانشجوی دکترای حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. پست‌الکترونیک: hmadadi@basu.ac.ir

۳- دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران

۴- دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸

چکیده

سابقه و هدف: بلوط یک گونه رایج و یکی از مهمترین گونه‌ها در جنگل‌های زاگرس ایران است. جنگل‌های زاگرس نقش مهم و مؤثری در تأمین آب، حفظ خاک و تعدیل آب‌وهوای کشور دارد. متأسفانه بخش قابل توجهی از آن جنگل‌ها از زوال بلوط رنج می‌برند. جنگل‌های زاگرس تقریباً ۴۰ درصد از پوشش جنگلی ایران را دربرمی‌گیرد که به‌ویژه در دو دهه اخیر جمعیت درختان بلوط (*Quercus* sp.) عمدتاً به دلیل خشک‌سالی، بیماری‌ها و حشرات آفت کاهش یافته است. یکی از آفات مهم در جنگل‌های غربی بلوط، پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L., (Lep.: Tortricidae) است که از برگ‌های بلوط به‌عنوان میزبان اصلی تغذیه می‌کند.

مواد و روش‌ها: این تحقیق با هدف ارزیابی و پیش‌بینی میزان خسارت پروانه جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های بلوط با استفاده از روش‌های سنجش از دور و GIS از طریق تحلیل رگرسیونی نسبت‌های باقی‌مانده شاخ‌وبرگ بلوط در نقاط نمونه‌برداری با شاخص‌های پوشش گیاهی داده‌های ماهواره سنتینل-۲ در طول یکسال بررسی شد. پایش میدانی از ۲۷ آوریل ۲۰۲۰ (۸ اردیبهشت ۱۳۹۹) تا ۱۴ می ۲۰۲۰ (۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۹) انجام شد. بدین منظور در یک مسیر، با عرض دو کیلومتر، در طول مسیر شهرستان سروآباد تا مرز باشماق با استفاده از نرم‌افزار GIS، از تعداد ۱۰۰ مکان به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. در هر مکان نمونه‌برداری، چهار درخت در چهار جهت اصلی جغرافیایی (به‌منظور کاهش تأثیر جهت جغرافیایی بر پراکنش جمعیت *T. viridana*) انتخاب گردید. سپس چهار شاخه (به طول حدود ۱۰۰ سانتی‌متر) به‌صورت تصادفی به‌عنوان واحد نمونه‌برداری با دقت قطع شد و تعداد لاروهای سن پنجم جوانه‌خوار بلوط شمارش شدند. سپس همبستگی بین تعداد آفت و پارامترهای میزان ارتفاع، شیب، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق مسکونی، شاخص NDVI و شاخص دریافت نور با استفاده از آزمون‌های آماری شامل آزمون همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی چندگانه بررسی شدند. بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد. داده‌ها با استفاده از SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند.

نتایج و یافته‌ها: نتایج تحلیل همبستگی پیرسون بین متغیرهای یادشده و جمعیت آفت جوانه‌خوار بلوط نشان داد، جمعیت آفت بیشترین و کمترین همبستگی را به ترتیب با ارتفاع ($r=0/651$) و شیب ($r=-0/015$) دارد. براساس رگرسیون خطی چندگانه، متغیر ارتفاع بالاترین ضریب همبستگی را با جمعیت آفت داشت. همچنین، شاخص دریافت نور، NDVI و فاصله از آبراهه‌ها به ترتیب با همبستگی قوی تا ضعیف رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان داد، رابطه بین زاویه شیب و تراکم پوشش گیاهی نیز معنادار ($P=0/032$)، $r=0/214$) بوده است. با توجه به نقشه شدت پراکنش آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط که با استفاده از رابطه رگرسیون خطی چندگانه به دست آمده است نشان داد، بیشترین پراکنش آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط در جنوب‌غربی شهر سروآباد مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: بر پایه نتایج به‌دست‌آمده، واضح است که NDVI برای جداسازی میزان مختلف جمعیت شاخص مناسبی است. به‌علاوه، می‌توان نتیجه گرفت که جمعیت پروانه جوانه‌خوار بلوط در ارتفاعات بالا و تراکم بالای درختان بیشتر است. با در دسترس

بودن مدل‌های جمعیتی، می‌توان اقدام به محدود نمودن پراکندگی *T. viridana* کرد، زیرا با تشخیص زودهنگام گسترش و پراکنش این آفت، می‌توان به نحو مؤثرتری کنترل را انجام داد.

واژه‌های کلیدی: پروانه جوانه‌خوار بلوط، رگرسیون خطی، سنجش از راه دور، مدل‌سازی، GIS

مقدمه

تقریباً ۳۱ درصد از مساحت جهان توسط جنگل‌ها پوشش داده شده است. این در حالی است که در ایران در حدود ۷/۴۰ درصد از مساحت کل کشور (حدود ۱۲/۴ میلیون هکتار) توسط جنگل‌ها پوشیده شده است (Dey, 2014; Imanyfar et al., 2019; Gooshbor et al., 2016). جنگل‌های زاگرس پس از جنگل‌های شمال که در غرب ایران و در اقلیم نیمه‌مدیترانه‌ای قرار دارند، مهمترین و ارزشمندترین جنگل‌های ایران هستند. جنگل‌های کوهستانی زاگرس، ۴۱ درصد از جنگل‌های ایران (حدود پنج میلیون هکتار) را تشکیل می‌دهند که نقش حیاتی در حفاظت از منابع آب و خاک، تأمین تعادل آب‌وهوا و شرایط زندگی دارند (Pourhashemi et al., 2004; Zargarani et al., 2017). گونه‌های اصلی مشاهده‌شده در منطقه زاگرس گونه‌های بلوط (*Quercus spp.*)، پسته وحشی (*Pistacia mutica*)، زالزالک (*Crataegus spp.*) و گلابی وحشی (*Pyrus spp.*) هستند (Heidari et al., 2013).

عوامل مختلف زنده و غیرزنده زیادی از جمله عملیات کشاورزی، دامداری، برداشت چوب، تغییرات آب‌وهوایی، آلودگی هوا، آب و خاک، آفات و بیماری‌ها از عوامل کاهش پوشش سبز جنگل‌های زاگرس هستند (Haghighian et al., 2020; Haidari et al., 2013). یکی از تهدیدات عمده جنگل‌های زاگرس، پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L. (Lep.: Tortricidae)) است. میزبان اصلی *T. viridana*، درختان بلوط به‌ویژه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl. 1840 (Fagaceae))، دارمازو (*Q. infectoria*) و ویول (*Q. libani* Olivier G, 1801) هستند که لاروهای آنها از برگ‌های جوان تغذیه می‌کنند و اگر پراکنش آفت به مدت چندین سال متوالی ادامه

پیدا کند، احتمال مرگ درخت میزبان بالا می‌رود (Silva et al., 2013).

پروانه جوانه‌خوار بلوط اولین بار در ایران در سال ۱۳۶۲ توسط فاضلی و عبایی گزارش گردید و تاکنون از تمامی جنگل‌های غرب ایران گزارش شده است و امروزه با طغیان هر ساله به یکی از عوامل تهدیدکننده زنده‌مانی جنگل تبدیل شده است. این آفت در سال یک نسل دارد و بیشتر ماه‌های سال را به صورت تخم سپری می‌کند (Fazeli & Abaei, 1990). لاروها در اوایل بهار از تخم بیرون می‌آیند و از جوانه‌ها، برگ‌های جوان، گل‌ها، شاخه‌های جدید بلوط و سایر درختان میزبان تغذیه می‌کنند. این آفت دارای پنج سن لاروی است و در صورت کمبود برگ در درخت میزبان، با تنیدن تار از درخت آویزان و به‌وسیله باد از درختی به درختی دیگر جابه‌جا می‌شوند (Alehossein et al., 2013).

تاکنون تحقیقات زیادی روی میزان پراکندگی و مدیریت پروانه جوانه‌خوار انجام شده است و در میان روش‌های پایش آفات و بیماری‌های جنگلی، سنجش از دور (Remote Sensing (RS)) به‌عنوان روشی کارآمد و مقرون‌به‌صرفه در بهبود مدیریت آفات جنگلی شناخته شده است (Haghighian et al., 2020). استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای برای بررسی تأثیر آسیب بسیاری از آفات برگ‌خوار استفاده شده و سابقه طولانی دارد (Perbet et al., 2019; Vadrevu et al., 2019; Assal et al., 2014). در این رابطه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان با به‌کارگیری باندهای طیفی مختلف، شاخص‌های گیاهی را محاسبه و از آنها برای اهداف ارزیابی و پایش وضعیت منطقه استفاده کرد (Hadian et al., 2012). شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی

با این حال، هیچ گزارشی مبنی بر نحوه نظارت بر *T. viridana* در جنگل‌های زاگرس منتشر نشده است. هدف از این مطالعه، مدل‌سازی پراکنش پروانه جوانه‌خوار برای پیش‌بینی آلودگی درختان بلوط با استفاده از داده‌های Sentinel-2 در زمان طغیان براساس شاخص NDVI و متغیرهای توپوگرافیک در جنگل زاگرس استان کردستان بود تا بتوان به مهمترین عوامل تأثیرگذار بر میزان آلودگی جنگل به این آفت اشاره کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل زاگرس است که در مجاورت شهرستان مریوان (۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه و ۳۷/۶۵ ثانیه، ۴۶ درجه و ۵ دقیقه و ۰/۴۶ ثانیه شرقی) و سروآباد (۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه و ۴۱/۱۸ ثانیه شمالی، ۴۶ درجه و ۱۹ دقیقه و ۸/۷۱ سانتی‌متر شرقی) در استان کردستان واقع شده است. میانگین بارندگی سالانه در مریوان و سروآباد به ترتیب ۴۶/۱ و ۱۶/۷ سانتی‌متر است (<http://www.kurdistanmet.ir>). حداکثر و حداقل ارتفاعات این منطقه ۲۶۲۰ و ۸۸۰ متر از سطح زمین است و گونه‌های جنگلی اصلی این منطقه، گونه‌های بلوط شامل برودار (*Quercus brantii* Lindl.)، مازودار (*Quercus infectoria* Oliv) و ویول (*Quercus libani* Oliv) به همراه بنه (*Pistacia atlantica*) است. پایش میدانی از ۲۷ آوریل ۲۰۲۰ (۸ اردیبهشت ۱۳۹۹) تا ۱۴ می ۲۰۲۰ (۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۹) انجام شد.

به منظور انجام نمونه‌برداری، بافری با عرض دو کیلومتر در طول مسیر شهرستان سروآباد تا مرز باشماق با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.6 ایجاد شده و ۱۰۰ مکان نمونه‌برداری (مساحت ۸۵۴۸/۶ هکتار) به صورت تصادفی تعیین شد (شکل ۱). در هر مکان نمونه‌برداری، چهار درخت در چهار جهت اصلی جغرافیایی (به منظور کاهش تأثیر جهت جغرافیایی بر پراکنش جمعیت آفت) انتخاب گردید. سپس چهار شاخه به صورت تصادفی (طول حدود ۱۰۰ سانتی‌متر) به عنوان واحد نمونه‌برداری با دقت قطع شد و تعداد

((NDVI) Normalized Difference Vegetation Index) یکی از شاخص‌های پوشش گیاهی جهانی است که از دو باند مادون قرمز نزدیک و باند مادون قرمز به دست می‌آید (AliMohammadi Sarab et al., 2010; Cho et al., 2008; Firouzi et al., 2019). مقادیر بیشتر NDVI بیانگر شرایط سالم‌تر در پوشش گیاهی سبز است.

در مطالعه‌ای که در جنگل‌های زاگرس در غرب ایران انجام شد، عملکرد تصاویر Sentinel-2 برای شناسایی بلوط‌های آلوده به *T. viridana* بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان داد، می‌توان از تصاویر Sentinel-2 برای شناسایی آفات در مناطق جنگلی استفاده کرد (Haghighian et al., 2022). Kelly (۲۰۲۰) از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا برای مطالعه کاهش ناگهانی بلوط در کالیفرنیا استفاده کرد و دریافت که شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی ظرفیت تشخیص مرگ بلوط را با دقت کلی ۹۲ درصد دارد. در مطالعه دیگری که در جنگل‌های بلوط در ایتالیا انجام داد، گزارش کرد که NDVI تهیه‌شده از تصاویر Sentinel-2 ظرفیت مناسبی را برای پایش جنگل‌های بلوط دارد (Recanatesi et al., 2018).

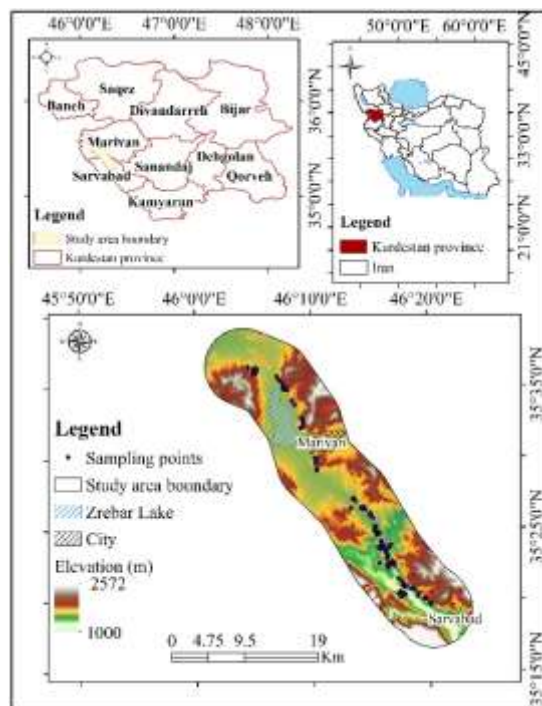
در مطالعه‌ای که در جنگل‌های زاگرس در غرب ایران انجام شد، مقادیر NDVI در مناطق تحت تأثیر *T. viridana* طی سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۷ کاهش یافته است. این آفت رژیم برگ‌خواری داشته و با تغذیه از برگ درختان، سطح سبزی و کلروفیل درختان میزبان را کاهش می‌دهد. بنابراین، مقادیر NDVI در منطقه آلوده کمتر از ناحیه غیرآلوده است (Gooshbor et al., 2016).

در مطالعه‌ای دیگر، تصاویر Sentinel-2 را برای شناسایی مرگ‌ومیر درختان ناشی از آفت سوسک Red Turpentine Beetle استفاده کردند، نتایج مطالعه آنان نشان داد، تصاویر Sentinel-2 با وضوح ۱۰ متر می‌تواند طبقه‌بندی دودویی مؤثری را برای شناسایی آفت مورد مطالعه ارائه دهد (Zhan et al., 2020).

متأسفانه این آفت در جنگل‌های بلوط استان کردستان پراکنش وسیعی داشته که خسارت‌های فراوانی به بار می‌آورد.

۱۵-۲۰ میلی‌متر طول با شکمی به رنگ سبز تا خاکستری با لکه‌های سیاه).

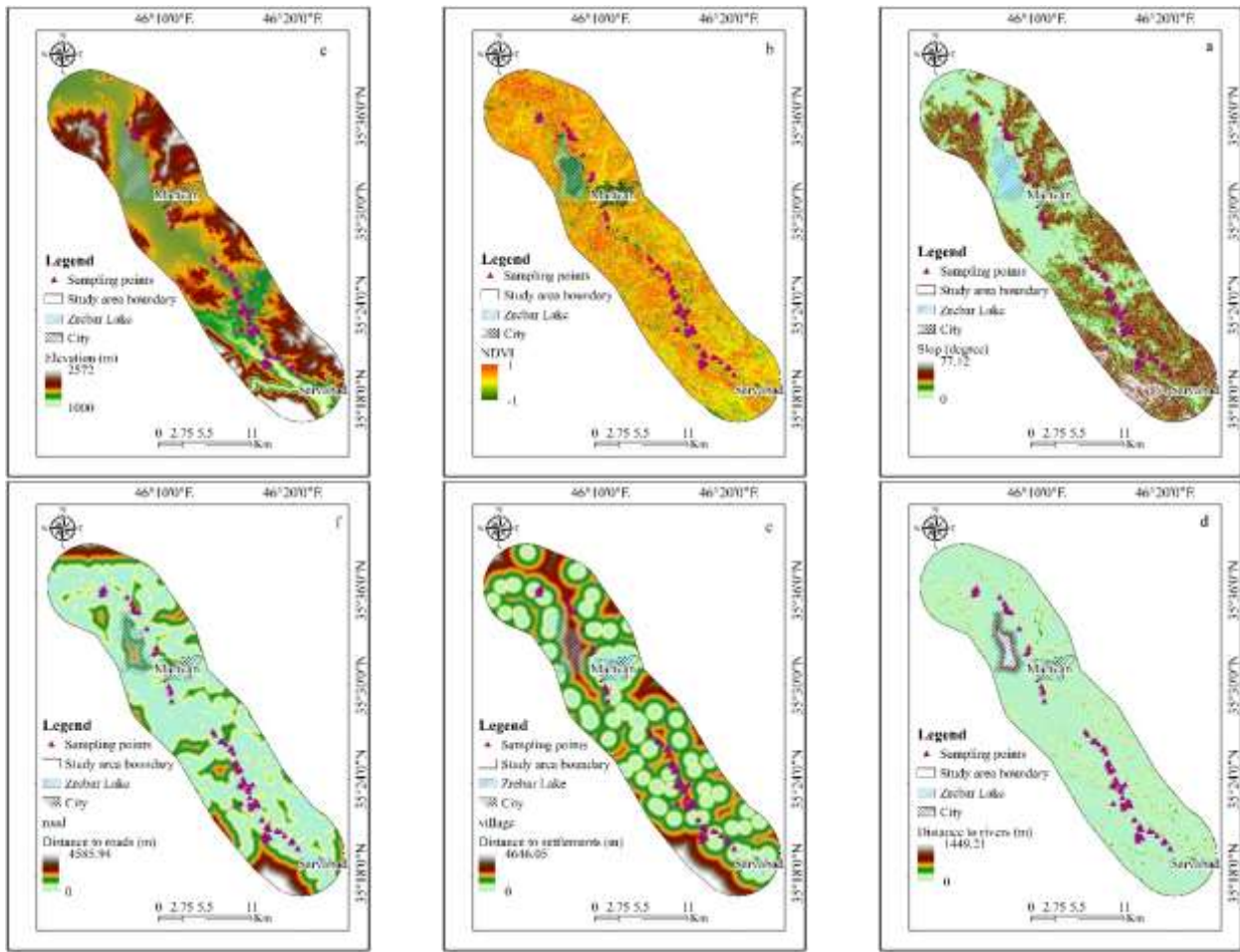
لاروهای سن پنجم *T. viridana* که از لحاظ تشخیص از گونه‌های نزدیک قابل تمایز هستند، شمارش شدند (تقریباً



شکل ۱- نقشه مربوط به ناحیه مورد مطالعه و موقعیت ۱۰۰ مکان نمونه‌برداری (اصلی)
Figure 1. Study region and location of 100 field sampling points (Original)

از ۱۲/۵×۱۲/۵ ماهواره ALOS PALSAR و از سایت Alaska Satellite Facility تهیه شد. نقشه شیب (بر حسب درجه) با استفاده از مدل رقومی (با قدرت تفکیک ۱۲/۵ متر) و نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۶ تهیه گردید. نقشه راه‌ها، رودخانه‌ها و روستاها نیز از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ توپوگرافی استخراج شده و بعد نقشه‌های فاصله از جاده، آبراهه و مناطق مسکونی با اعمال توابع Distance در محیط ArcGIS تهیه شد (شکل ۲). شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی که برای پایش درختان پهن‌برگ مناسب است، با وضوح ۱۰ متر برای تشخیص دقیق برگ‌خواری *T. viridana* در سراسر سروآباد تا مرز باشماق استفاده شد (رابطه ۱) (Vogelmann, 1990). تصاویر سنتینل ۲ (تاریخ ۲۰۲۰/۵/۱۲) از سایت scihub.copernicus دانلود شده و برای تهیه شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی استفاده شد.

سپس میانگین تعداد آفت در چهار واحد نمونه‌برداری (چهار درخت در هر مکان نمونه‌برداری) به‌عنوان تعداد آفت در هر مکان نمونه‌برداری انتخاب شد. در ادامه، شیب فایل نقطه‌ای مربوط به مکان‌های نمونه‌برداری تهیه شده و با استفاده از تابع Extract value to point در محیط نرم‌افزار ArcGIS، میزان ارتفاع، شیب، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق مسکونی، شاخص NDVI و شاخص دریافت نور در هر مکان نمونه‌برداری استخراج شد. سپس همبستگی بین تعداد آفت و پارامترهای میزان ارتفاع، شیب، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق مسکونی، شاخص NDVI و شاخص دریافت نور با استفاده از آزمون‌های آماری شامل آزمون همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی چندگانه بررسی شدند. نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک



شکل ۲- الف- نقشه شیب، ب- نقشه NDVI، پ- نقشه مدل رقومی ارتفاع، ت- رودخانه‌ها، ث- مناطق مسکونی و ج- جاده‌ها
 Figure 2. (a) The Digital Elevation Model, (b) The output of NDVI, (c) The output of slope, (d) Rivers, (e) Residential areas, (f) Roads

فرمول زیر آزیموت دامنه به مقدار دریافت تابش نور تبدیل شد (رابطه ۲) (Moradi et al., 2020).

رابطه ۱

$$NDVI = \frac{[NIR-R]}{[NIR+R]}$$

رابطه ۲

$$R = \cos(45 - A) + 1$$

R= مادون قرمز، NIR= مادون قرمز نزدیک

R= میزان دریافت نور، A= آزیموت به درجه

بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد. سپس ضرایب همبستگی پیرسون بین جمعیت پروانه جوانه‌خوار بلوط و متغیرهای مورد بررسی شامل ارتفاع، NDVI، شیب، فاصله تا روستاها

نقشه جهت شیب از مدل رقومی ارتفاع تهیه شده است و به منظور سهولت بیشتر در تحلیل این داده‌ها، آزیموت در چهار دسته تعریف شد، شمال: ۴۵-۳۱۵، شرق: ۱۳۵-۴۵، جنوب: ۲۲۵-۱۳۵ و غرب: ۳۱۵-۲۲۵. سپس با استفاده از

نتایج

نتیجه اعتبارسنجی مدل به دست آمده با معیارهای میانگین مربعات خطا، جذر درصد میانگین مربعات، اریبی و درصد اریبی به ترتیب ۱/۳۲، ۴/۵۲، ۰/۰۶ و ۰/۰۰۵ است. نتایج تحلیل همبستگی پیرسون بین متغیرهای ذکر شده و جمعیت آفت جوانه خوار بلوط نشان داد، جمعیت آفت بیشترین و کمترین همبستگی را به ترتیب با ارتفاع (r=۰/۶۵۱) و شیب (r=-۰/۰۱۵) دارد (جدول ۱). براساس رگرسیون خطی چندگانه، متغیر ارتفاع بالاترین ضریب همبستگی را با جمعیت آفت داشت. همچنین، پس از ارتفاع، شاخص دریافت نور، NDVI و فاصله از آبراهه‌ها به ترتیب با همبستگی قوی تا ضعیف رتبه بندی شدند. پس از انتخاب بهترین متغیرها، تابع رگرسیون خطی به شکل زیر ساخته شد (رابطه ۳).

$$\text{جمعیت} = -122 + 0.11(\text{ارتفاع}) + 38.1(\text{NDVI}) + 0.01(\text{فاصله از روستا}) + 0.0095(\text{فاصله از جاده}) - 0.222(\text{شیب})$$

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین جمعیت جوانه خوار *Tortrix viridana* با متغیرهای توپوگرافی و NDVI

Table 1. Correlation coefficients between *Tortrix viridana* population with topographic variables and NDVI

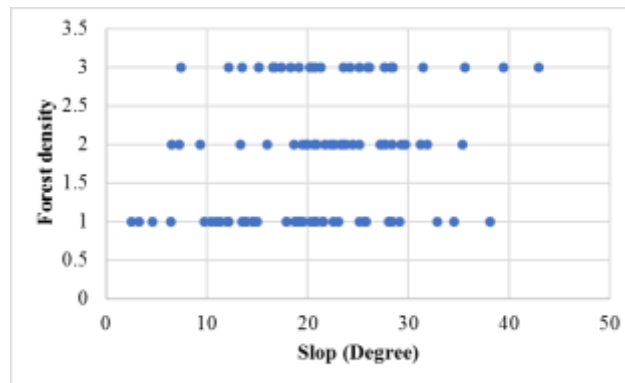
Variables	Correlation Coefficient	P-value
Height	0.651**	0.00
Slope	-0.015 ^{ns}	0.352
Radiation Index	0.51**	0.00
NDVI	0.416**	0.00
Distance to rivers	0.314**	0/009
Distance to village	-0.100 ^{ns}	0.419
Distance to roads	-0.023 ^{ns}	0.849

"*" and "ns" indicate significant and non-significant differences at $p \leq 0.01$ respectively

شیب و پوشش گیاهی مناطق نمونه برداری با نمودار اسکاتریلات قابل مشاهده است.

و مناطق مسکونی، جاده‌ها و آبراهه‌ها اندازه‌گیری شده و معنی‌داری آنها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون شد. در ادامه برای انتخاب متغیرها و مدل‌سازی آماری از روش رگرسیون خطی چندگانه (Multiple Linear) به روش گام به گام (Stepwise) استفاده شد. سپس متغیرها برای همه نقاط نمونه برداری با نرم افزار ArcGIS 10.6 استخراج و توسط IBM SPSS Statistics 26 تجزیه و تحلیل آماری شدند. اعتبارسنجی مدل‌ها با استفاده از ۳۰ درصد نمونه‌ها که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند (داده‌های شاهد)، براساس آماره‌های جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، جذر درصد میانگین مربعات (RMSE%)، اریبی (Bias) و درصد اریبی (Bias%) انجام شد.

در مطالعه پیش‌رو، رابطه بین زاویه شیب و تراکم پوشش گیاهی نیز معنادار بوده (P=۰/۰۳۲) و دارای ضریب همبستگی ۰/۲۱۴ است. در شکل ۳ نیز رابطه بین زاویه

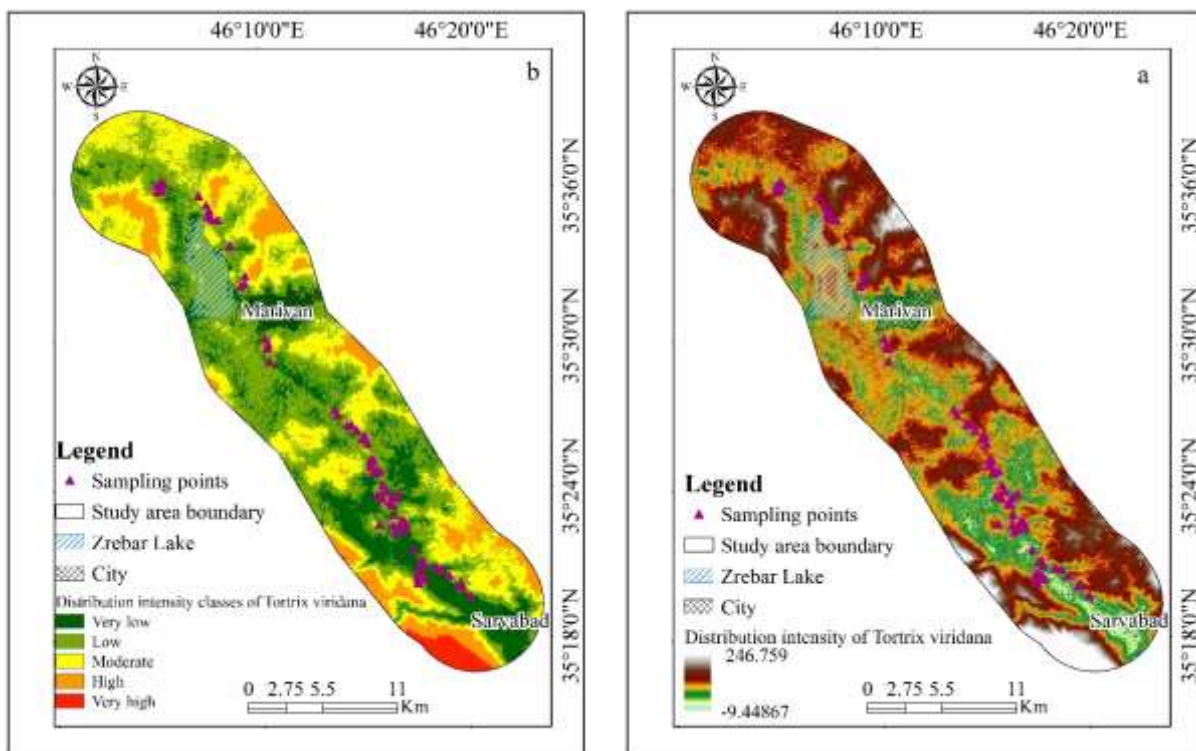


شکل ۳- رابطه بین زاویه شیب با تراکم درختان، (۱) انبوه، (۲) متوسط، (۳) تنک

Figure 3. Relation between slope angle and tree densities, 1) Dense, 2) Medium, 3) Thin

نقشه شدت پراکنش آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط که با استفاده از رابطه (۳) به دست آمده در شکل ۴ ارائه شده است. بیشترین پراکنش آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط در جنوب‌غربی شهر سروآباد مشاهده شد.

شاخص دریافت نور دارای همبستگی مثبت و به نسبت قوی با جمعیت آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط بود ($r=0.51$)، اما در رگرسیون خطی چندگانه گام‌به‌گام بهترین مدل پیشنهادی با توجه به ضریب همبستگی، رابطه ۳ می‌باشد که در آن متغیر میزان دریافت نور حذف شده است.



شکل ۴- الف) نقشه شدت پراکنش آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط، ب) نقشه طبقات شدت پراکنش آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط

Figure 4. (a) Distribution intensity map of *Tortrix viridana* (b) Map of distribution intensity classes of *Tortrix viridana*

بحث

براساس معیارهای به دست آمده مدل اشاره شده مدل مناسبی است. در واقع هرچه مقدار RMSE کمتر و نزدیک به صفر باشد نشان دهنده وجود همبستگی خطی بسیار قوی بین متغیرها و جمعیت آفت جوانه خوار بلوط است. مقدار ضریب رگرسیون مدل (R) ۰/۸۳۳ و ضریب تبیین (R^2) ۰/۶۸۲ می باشد، به بیان دیگر، ۶۸ درصد از تغییرات متغیرهای وابسته (تراکم جمعیت آفت جوانه خوار) تحت تأثیر متغیرهای وابسته بوده است.

در تحقیق پیش رو، براساس نتایج مدل، متغیر ارتفاع بالاترین میزان همبستگی را با میزان جمعیت پروانه جوانه خوار بلوط دارد. طبق داده های موجود هرچه از شهرستان سروآباد به سمت مرز باشماق (انتهای مسیر نمونه برداری) نزدیک می شویم، ارتفاع از سطح دریا افزایش می یابد. بیشترین میزان آلودگی نیز در این منطقه ثبت شده است. متغیر ارتفاع از طریق پوشش گیاهی روی جمعیت آفت تأثیرگذار است، همان گونه که Körner (۲۰۰۷) ارتفاع از سطح دریا را به عنوان یک عامل مهم تعیین کننده در گسترش و نوع پوشش گیاهی معرفی کرده است. در تحقیقی دیگر نیز بیان شده است، ارتفاع از سطح دریا و عوامل توپوگرافی دیگر از جمله درصد شیب و فاصله از روستا دارای همبستگی مثبت با پراکنش بلوط ایرانی می باشد (Mahmoodi et al., 2022). با توجه به نتایج مطالعه Mahdavi و همکاران (۲۰۱۵) میزان خشک شدن درختان با افزایش ارتفاع افزایش می یابد. دلایل این افزایش خشک سالی، تغذیه سوسک های پوست خوار و عوامل بیماری زا یا فعل و انفعالات رقابتی بیان شده است. متغیر ارتفاع در مطالعه پیش رو نیز دارای همبستگی مثبت با جمعیت جوانه خوار بلوط می باشد، با این حال، Esterby و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند، تعداد جمعیت بالای شب پره کرم سیب (*Cydia pomonella* L. (Lep.: Tortricidae) با ارتفاع همبستگی ندارد. با توجه به اینکه تأثیر متغیر ارتفاع روی جمعیت آفات در گزارش های مختلف متفاوت است، می توان به این نتیجه رسید که پایش آفت جوانه خوار بلوط

نیازمند انجام تحقیقات وسیع تری است. از سوی دیگر، تحقیقات Shayestemehr و همکاران (۲۰۲۱) حکایت از آن دارد که بین فراوانی شب پره *C. pomonella* و متغیرهای توپوگرافی مانند ارتفاع، شیب، جهت و شاخص خورشید رابطه معنی داری وجود ندارد. در ناحیه مورد بررسی در تحقیق پیش رو، با افزایش ارتفاع منطقه از سطح دریا، شیب آن به وضوح کاهش می یافت. اگرچه در مدل، رابطه شیب با جمعیت آفت معنی دار نبود، اما به این معنی نیست که می توان این متغیر مستقل را حذف کرد، زیرا ممکن است در صورت حذف آن دقت رابطه پایین بیاید. Nada-Romoero و همکاران (۲۰۱۴) اثر زاویه شیب و جهت شیب را روی پوشش گیاهی یک منطقه در اسپانیا که از لحاظ کشاورزی و غنی بودن خاک نامناسب تلقی می شود، بررسی کردند و نتایج نشان داد، در منطقه مرطوب با کاهش زاویه شیب، پوشش گیاهی افزایش پیدا کرده است.

همان گونه که اشاره شد متغیر شیب با میزان پوشش گیاهی منطقه دارای رابطه به نسبت قوی می باشد، به این صورت که در مناطق با شیب کمتر پوشش گیاهی بیشتر است که در نمونه برداری میدانی همه این مشاهده ها ثبت شدند و با داده های استخراج شده از GIS مطابقت داده شد. نتایج نشان داد، جمعیت پروانه جوانه خوار بلوط در مناطق با پوشش انبوه بالاتر است.

Byzedi و همکاران (۲۰۱۷) جهت باد غالب (۲۸ درصد) و بیشینه انرژی قابل استحصال در منطقه مریوان را در جهت جنوب غربی بیان کرده اند. در تحقیق پیش رو نیز ضریب همبستگی شاخص دریافت نور که براساس آزیموت محاسبه شد، نشان داد، بیشترین میزان آلودگی در جهت غرب و بعد جنوب است. با توجه به اینکه باد نقش مهمی را در پراکنش این آفت ایفا می کند می توان به این نتیجه رسید که پراکنش و گسترش آفت جوانه خوار بلوط در جهت جنوب و غرب بیشتر از سایر جهات جغرافیایی است. نقشه های اقلیمی کردستان بیانگر آن است که بیشترین پهنه استان دارای اقلیم نیمه خشک و مدیترانه ای می باشد و پهنه کمی از آن در قسمت غرب دارای اقلیم مرطوب و

کرم ابریشم سیبری *Dendrolimus superans sibiricus*, (Lep.: Lasiocampidae) استفاده کرده‌اند. بخشی از نتایج آنان، نمایانگر تفاوت شاخص NDVI در مناطق سالم و آسیب‌دیده بوده است که تفاوت معنی‌داری در بین آنها وجود داشته است.

به این ترتیب، اثرهای مناطق مسکونی، فاصله از رودخانه‌ها و جاده‌ها بر پراکنش آلودگی آفت در منطقه مورد مطالعه آزمایش شد. اگرچه رابطه معنی‌داری بین این متغیرها و فراوانی پروانه جوانه‌خوار بلوط وجود داشت، اما همبستگی بین آنها ضعیف بود. در تحقیق انجام‌شده این موضوع را می‌توان به عرض کمتر منطقه مورد مطالعه نسبت داد و مطالعات آینده باید در مقیاس وسیع‌تری انجام شود. نتایج مطالعه پیش‌رو، آگاهی ما را در مورد عوامل مؤثر بر احتمال آلودگی پروانه جوانه‌خوار بلوط افزایش داد و رابطه این مطالعه را می‌توان برای استفاده آینده در مدل‌های جمعیتی توصیه کرد.

چندین محدودیت در ارتباط با این تحقیق وجود دارد که اجازه نمی‌دهد داده‌های میدانی به اندازه کافی جمع‌آوری شوند. مهمترین مورد این نوع محدودیت‌ها، کوهستانی و صعب‌العبور بودن منطقه مورد بررسی از جنگل‌های زاگرس است که در نتیجه، چهارچوب نمونه‌برداری عمدتاً در مسیر جاده اصلی انجام شد و به‌طور خلاصه، تجزیه و تحلیل دقیق شدت آسیب ممکن نبود. به‌علاوه، با توجه به زیست‌شناسی *T. viridana* و تک‌نسلی بودن آن، فرصت زمانی انجام تحقیق محدودیت دیگری است. با این حال، همان‌طور که نشان داده شد، عوامل توپوگرافی داده‌های ارزشمندی برای پیش‌بینی میزان و شدت آلودگی هستند. با در دسترس بودن مدل‌های جمعیتی، می‌توان اقدام به محدود نمودن پراکنندگی *T. viridana* کرد، زیرا با تشخیص زودهنگام پراکنش آفت، ممکن است کنترل مؤثرتری انجام شود.

منابع مورد استفاده

- Alehossein, S.A., Saadati, S.H. and Hamzeh Zarghani, H., 2013. Study of population dynamics of oak tortrix moth (*Tortrix viridana*) and its natural

نیمه مرطوب است. شهرستان مریوان که در بخش غرب استان کردستان واقع شده است، در طبقه‌بندی دومارتن دارای اقلیم مرطوب می‌باشد (Hanfi & Hatami, 2017).

در تحلیل همبستگی مشخص شد، جمعیت آفت با شیب و فاصله از روستاها دارای ضرایب همبستگی منفی است که بیانگر رابطه معکوس بین جمعیت آفت و این دو متغیر است که با توجه به نزدیک بودن بیشتر مناطق نمونه‌برداری به جاده اصلی و تردد گله‌های دامی که به نوعی بکر بودن جنگل را مختل می‌کند، نمی‌توان نتیجه را با قطعیت بیان کرد.

طبق پژوهش Haghghian و همکاران (۲۰۲۲) ضریب همبستگی اسپیرمن بین مقادیر NDVI در مناطق آلوده و مناطق غیرآلوده برابر ۰/۲۱۳ بود. طبق پژوهش Mahmoodi و همکاران (۲۰۲۲)، مجاورت مناطق جنگلی با شهر یا روستا می‌تواند از طریق تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌هایی از قبیل ساخت‌وساز و فعالیت‌های کشاورزی بر پوشش گیاهی منطقه تأثیرگذار باشد. همچنین، تحلیل همبستگی نشان داد، براساس انتظار، شاخص NDVI که نشان‌دهنده وجود پوشش گیاهی مترکم‌تر است، با جمعیت آفت همبستگی مثبت دارد. این نتیجه با دستاوردهای Gooshbor و همکاران (۲۰۱۶) متفاوت است. آنان نشان دادند، کاهش NDVI می‌تواند نشان‌دهنده برگ‌خواری توسط جوانه‌خوار بلوط در سال‌های قبل (۲۰۰۲) و بعد از آلودگی (۲۰۰۷ و ۲۰۱۴) باشد. این تفاوت از این موضوع نشأت می‌گیرد که در تحقیق پیش‌رو تمام مناطق نمونه‌برداری آلوده به آفت *T. viridana* است، بنابراین نه تنها آلودگی و عدم آلودگی مطرح نیست، بلکه تعداد آفت موجود در هر نقطه نمونه‌برداری ملاک انجام این تحقیق بوده است. مشاهده‌ها در عرصه نیز تأیید کرد که در مناطق با پوشش گیاهی مترکم تراکم آفت بیشتر بود و در مناطق با آلودگی شدید، برگ‌خواری بالا با تعداد آفت مشاهده‌شده کم ثبت شد. لاروهای *T. viridana* در صورت کمبود غذا و احساس قحطی با تنیدن تار از درخت آویزان می‌شوند تا در اثر وزش باد به درختان دیگر مهاجرت کنند. Kharuk و همکاران (۲۰۰۹) از NDVI برای تشخیص میزان پراکنش

- Haghghian, F., Yousefi, S. and Keesstra, S., 2022. Identifying tree health using sentinel-2 images: a case study on *Tortrix viridana* L. infected oak trees in Western Iran. *Geocarto International*, 37(1): 304-314.
- Hanfi, A. and Hatami, I., 2017. Providing the climate map of Kurdistan province using Geographic Information System. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data*, 22(89): 55-65.
- Heidari, M., Bazayr, M., Hosseini, S.A., Hossein Haidari, R. and Shabanian, N., 2013. Study of forest destruction by used the diversity index in the Northern Zagros Forest (Case study: Oak forest). *International Journal of Biological and Medical Research*, 4: 2720-2725.
- Imanyfar, S., Hasanlou, M. and Mirzaei Zadeh, V., 2019. Mapping oak decline through long-term analysis of time series of satellite images in the forests of Malekshahi, Iran. *International Journal of Remote Sensing*, 40(23): 8705-8726.
- Kelly, N. M., 2020. Monitoring Sudden Oak Death in California Using High-resolution Imagery. [place unknown]. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR, 184: 799-810.
- Kharuk, V.I., Ranson, K.J. and Im, S.T., 2009. Siberian silkmouth outbreak pattern analysis based on spot vegetation data. *International Journal of Remote Sensing*, 30(9): 2377-2388.
- Körner, C., 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in ecology and evolution*, 22 (11): 569-574.
- Mahdavi, A., Mirzaizade, V., Niknezhad, M. and Karami, O., 2015. Investigation and prediction of oak decay using logistic regression model. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 13(1): 20-33 (In Persian).
- Mahmoodi, Sh., Ahmadi, K., Zahravi, M. and Karami, O., 2022. Modeling of Iranian oak distribution in the southwest of Iran based on the presence-based approach Maximum Entropy (MaxEnt). *Journal of Forest Research and Development*, 8(2): 55-77 (In Persian).
- Moradi, G., PirBavaghar, M., Shakeri, M. and Fatehi, Z., 2020. Estimation of leaf area index in Zagros forests using Remote Sensing (a part of Baneh forests). *Forest Research and Development*, 6(4): 679-693.
- Nada-Romoero, E., Petrlíc, k., Verachtert, E., Bochet, E. and Poesen, J., 2014. Effects of slope angle and aspect on plant cover and species richness in a humid Mediterranean badland. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39: 1705-1716.
- Perbet, P., Fortin, M., Ville, A. and Béland, M., 2019. Near real-time deforestation detection in Malaysia and Indonesia using change vector analysis with three sensors. *International Journal of Remote enemies in Fars province. Journal of Novel Researches on Plant Protection*, 5(1): 12-19 (In Persian).
- AliMohammadi Sarab, A., Jaafari, M. and Jaafari, A., 2010. Study of chlorophyll changes in forests using NDVI: Gilan. *Journal of Remote Sensing and GIS in Planning*, 1(2): 7-15
- Assal, T.J., Sibold, J. and Reich, R., 2014. Modeling a historical mountain pine beetle outbreak using Landsat MSS and multiple lines of evidence. *Remote Sensing of Environment*, 155: 275-288.
- Byzedi, M., Gholizadeh, B. and Abbasi, M.A., 2017. Analysis of wind energy potential to set up wind power plants in Kurdistan province using the Wiebull distribution model. *Scientific Research Journal*, 19(4): 55-65.
- Cho, M.A., Sobhan, I., Skidmore, A.K. and De Leeuw, J., 2008. Discriminating species using hyperspectral indices at leaf and canopy scales. *The International Archives of the Spatial Information Sciences*, 5: 369-376.
- Dey, D.C., 2014. Sustaining oak forests in eastern North America: regeneration and recruitment, the pillars of sustainability. *Forest Science*, 60(5): 926-942.
- Esterby, S.R., Vernon, B., Thistlewood, H., Smith, S., Kabaluk, T., Nathoo, F. and Rivest, L.P., 2006. Case study in data analysis: Variables related to codling moth abundance and the efficacy of the Okanagan sterile insect release program. *The Canadian Journal of Statistics/La Revue Canadienne de Statistique*, 5: 493-530.
- Fazeli, M.J. and Abaei, M., 1990. Green oak leaf-roller moth in Kohkiluyeh and Boyer-Ahmad Province (*Tortrix viridana* L., Lep: Tortricidae). *Applied Entomology and Phytopathology*, 57: 1-2 (In Persian).
- Firouzi, F., Tavoussi. T. and Mahmoudi, P., 2019. Evaluation of sensitivity of two vegetation indices, NDVI and EVI, to dry and wet years in dry and semiarid regions: Sistan. *Geographical Information Periodical*, 28 (110): 163-179.
- Gooshbor, L., Bavaghar, M.P.L., Amanollahi, J. and Ghobari, H., 2016. Monitoring infestations of oak forests by *Tortrix viridana* (Lepidoptera: Tortricidae) using remote sensing. *Plant Protection Science*, 52(4): 270-276.
- Hadian, F., Jaafari, R., Bashari, H and Soltani, S., 2012. Analysing different groups of remote sensing vegetation indices to study rangeland vegetation types. *Scientific-Research Journal of Merta*, 5(4): 420-429.
- Haghghian, F., Yousefi, S. and Keesstra, S., 2020. Identifying tree health using sentinel-2 images: a case study on *Tortrix viridana* L. infected oak trees in Western Iran. *Geocarto International*, 6: 1-11.

- 377-391.
- Vadrevu, K., Heinemann, A., Gutman, G. and Justice, C., 2019. Remote sensing of land use cover changes in South and Southeast Asian Countries. *International journal of digital earth*, 12(10): 1099-1102.
 - Vogelmann, J.E., 1990. Comparison between two vegetation indices for measuring different types of forest damage in the north-eastern United States. *Remote Sensing*, 11(12): 2281-2297.
 - Zargaran, M.R., Banj Shafiei, A., Mousavi Mirkola, S.R. and Ramezani, E., 2017. Survey on bio-ecology of *Tortrix viridana* and its distribution in West-Azerbaijan province. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 47(2): 231-240 (In Persian).
 - Zhan, Z., Yu, L., Li, Z., Ren, L., Gao, B., Wang, L. and Luo, Y., 2020. Combining GF-2 and Sentinel-2 images to detect tree mortality caused by red turpentine beetle during the early outbreak stage in North China. *Forests*, 11(2): 172.
 - Sensing, 40(19): 7439-7458.
 - Pourhashemi, M., Mohajer, M.R.M., Zobeiri, M., Amiri, G.Z. and Panahi, P., 2004. Identification of forest vegetation units in support of government management objectives in Zagros forests, Iran. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19(S4): 72-77.
 - Recanatesi, F., Giuliani, C. and Ripa, M.N., 2018. Monitoring Mediterranean Oak decline in a peri-urban protected area using the NDVI and Sentinel-2 images: The case study of Castelporziano State Natural Reserve. *Sustainability*, 10(9): 3308.
 - Shayestemehr, H., Karimzadeh, R., Feizizadeh, B. and Iranipour, S., 2021. Spatial distribution of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) populations and its relation with topographic variables. *Applied Entomology and Zoology*, 56(2): 187-197.
 - Silva, C.R., Olthoff, A.E., de la Mata, J.A.D. and Alonso, A.P., 2013. Remote monitoring of forest insect defoliation. A review. *Forest Systems*, 22(3):